

スマートフォンを利用した音環境導入教育への試み —アプリケーションの精度検証とサウンドマップの作例—

阪上 公博^{1*}・佐藤 史明²・尾本 章³

¹工学研究科建築学専攻

²千葉工業大学建築都市環境学科

³九州大学芸術工学研究院音響設計学科

(受付:October 23, 2012 受理:November 19, 2012 公開:November 28, 2012)

キーワード： 音環境導入教育，建築・環境音響学，スマートフォン，音響教育，定量的測定

大学初年級における音環境導入教育においては、多くの場合は聴感によって音環境のさまざまな音を聞き、それをサウンドマップにまとめるなどのサウンドスケープ的手法が取られることが多く、考察は定性的かつ主観的なものにとどまることになる。しかし、導入教育においても客観的な物理量を測定し、定量的に音環境を物理量と結び付けて考察していくことは、以後の学習過程において重要な役割を果たすと考えられる。一方、近年普及のめざましいiPhone, Android携帯電話などのいわゆるスマートフォン、およびiOSを利用した携帯情報端末には、多数の音響分析アプリケーションがあり、これらを適宜利用することは実務関係者では行われていると思われる。本稿では、これらを音環境の導入教育へのツールとして利用することを想定し、まず、これらのアプリケーションの精度検証を行った。そして、実際の音環境導入教育において考えうる課題を設定して試験的に実施した。その結果として、実際の作例を示すとともに、スマートフォンを利用した音環境導入教育への試案について今後の課題を示した。

はじめに：音環境導入教育の現状と背景

建築系学科を中心に、音響教育において音環境教育の占める役割は大きく、多くの場合は低学年における導入教育として実施されることが多い。これまで、音環境導入教育の手法としては、サウンドスケープ¹⁾の考え方を踏襲し、様々な環境において音に注目して聞き取り、サウンドマップにまとめるなどの課題を通して、音環境に対する興味と注意を喚起するものが主流であったと言えるであろう。騒音計などをもついた、定量的に騒音などを測定して、物理量を体感するなどの実習は、特殊な学科を除いては高学年での演習において、騒音計の操作と共に多少の研修を受ける程度であって、学生に騒音レベルなどの物理量の諸数値と体感の関係を体験的に習得させることは、一般的なカリキュラムにおいては困難な課題であった。

それに対して、音環境についての導入教育段階、たとえば、騒音レベルを習ったばかりのような初期の段階で、定量的な測定を多数経験させ、音を測りながら耳で聞くという形の演習に発展出来れば、騒音レベルなどの数値に対して具体的な体感との結びつきを得られ、その後の学習と興味の発展に効果があるのではないかと考えられる。

その際に、騒音計のような比較的高価な、かつ学生にとって馴染みのない計測器を多数用意して、学生の自由な興味

に応じて測定調査などをさせることは難しい。それよりも、扱いやすい手軽な機器によって、そのような自由な測定調査などを実施できること、様々な点で有利であり、学生の興味を引き出す上でも効果的と思われる。

そこで、筆者らが注目したのはスマートフォンの普及(iPod touchやiPadなどの携帯情報端末も含めて、以下スマートフォンと総称する)である。スマートフォンには、大別してApple系のiOSと、Androidがあるが、いずれにおいても音響測定、音響分析のアプリケーションが多数提供されている。これらのアプリケーションを利用すれば、スマートフォンによって多様な音響測定が可能であり、騒音レベル測定のような基礎的なものから、周波数スペクトル測定、バンドレベルの測定、さらには残響時間測定やインパルス応答測定が可能なものもある。

したがって、昨今のスマートフォンの普及状況を鑑みると、これらの利用により、前述のような演習などがかなり容易に出来るようになる可能性がある。そこで、本稿では、スマートフォンを音環境導入教育へ利用することを考え、試案としてこれを用いた導入教育のプログラムを考え、試験的に実施して教育プログラムとしてどのようなことが可能か検討した。

1. スマートフォンの音響測定 アプリケーションについて

1.1 騒音計アプリケーション

もっとも基本的なものであり、比較的構造も単純であるため、iOS, Andoroidいずれでもいくつかの騒音計アプリケーションが出ている。もっとも、中にはA特性をかけられないものなどもあり、音響測定の実用に供し難いものもいくつかあるので、選定には注意が必要である。

次節の実作例などにおいては、一貫して Studio Six Digital の「SPL Meter」²⁾を使用した。周波数補正回路（AおよびC）の切り替えが可能であり、動特性もSlow/Fastの切り替えが出来るため、簡易騒音計として十分な機能を備えている（積分機能はなく、Leq（等価騒音レベル）は測定できない）。また、価格が非常に安い点でも、学生に購入するよう勧めて教材として使用するのに適すると考えられた。

他に、Faber Acousticalの「Signal Scope Pro」³⁾には積分型騒音計の機能も搭載されており、これによってLeqを求めることや、バンドレベル分析もできるが、このアプリケーションはかなり高価なため、学生に購入を勧めるには適さない。

まず、1 kHzの1/1 oct (1/1オクターブ) バンドノイズを発し、C特性にて精密騒音計と比較してSPL Meterの感度調整を行った後、125 Hz～4 kHzの各1/1 octバンドノイズ、ピンクノイズ、ホワイトノイズについて、dBA測定値を精密騒音計と比較した。iPod touch 3および4、iPhone 4S、iPad 2について比較したが、結果の一例としてiPhone 4Sにの結果をFigure 1に示す。縦軸はiPhone 4S、横軸は精密騒音計による、各々A特性音圧レベル (dBA) の測定値である。どの機種の場合も、125Hzで過小評価となる特徴を示す。これは内蔵マイクロフォンおよびプリアンプの特性によるものと思われ、内蔵マイクを持たないため外部マイクを使用したiPod touch 3では比較的誤差が少なかった。また、いずれの場合もレベルの低い時に若干誤差が大きくなる傾向を示す。しかしながら、測定結果は精密騒音計と大略一致を示し、普通騒音計程度の精度を得ている。

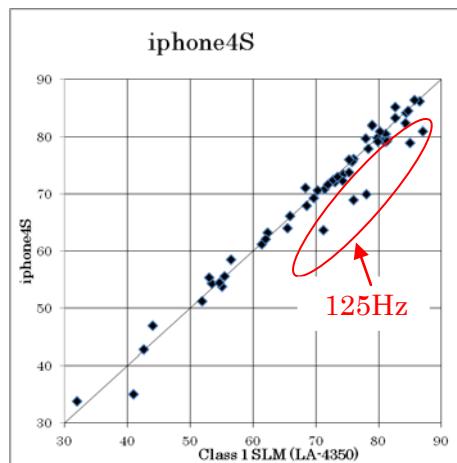


Figure 1 An example of the comparison of the measured sound pressure levels (in dBA) by the “SPL Meter” and a class 1 sound level meter.

一方、Androidスマートフォンについては、「Sound Meter」、「Noise Meter」⁴⁾などといったアプリケーションがあり、これらの利用が考えられる。これらは、無料のものおよび100円以下のものであり、ある程度普及しているようである。また、A特性などの周波数補正回路を搭載したもの、キャリブレーション機能の付いたものもある。これらについても、同様に自由音場で精密騒音計と測定値を比較検討した。結果は省略するが、Androidの場合はハードウェアの個体によって最大20dB近い測定結果の差異がみられた。また測定値が90dBでロックされ、それ以上のレベルは測定できない等の問題もあった。さらに、キャリブレーションを行っても、その結果が測定レベルにリニアに追随しない等の問題点がみられた。したがって、単なるレベルの大小の比較程度ならば利用可能であるが、騒音レベルの定量的感覚を養うという目的からは、現段階では不適当であると結論した。

1.2 周波数分析アプリケーション

FFT分析によって周波数スペクトルを測定するアプリケーションも、iOSではいくつか出ている。前述の「Signal Scope Pro」のように積分機能も有し、FFTのほかに1/1, 1/3オクターブバンド分析も可能なものがあるが、もっとも安価で単純な機能のものとして、後節で述べる今回の実作例ではBismarkの「bs-spectrum」⁵⁾を利用した。FFT分析のみであり、周波数分解能もやや低く、瞬時値のみであるが表示固定もできる。音環境導入教育での測定対象とするものは多くの場合定常もしくは準定常であるため、十分に利用できると考えた。このアプリケーションでは停止ボタンが付いているため適切なタイミングで測定を停止し、スクリーンショットを撮ることで測定結果が画像として得られる。

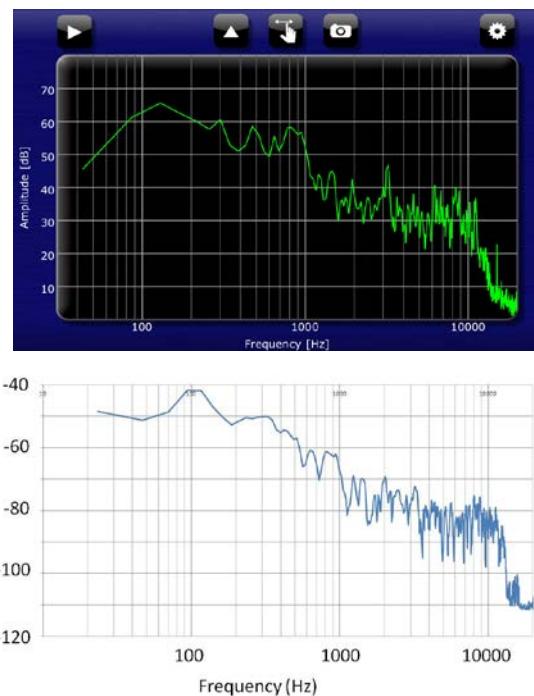


Figure 2 An example of the comparison of the results of the frequency spectra of pink noise measured by “bs-spectrum” (with iPod touch 4) (top) and FFT software on a PC (bottom).

この「bs-spectrum」についても、一般的な測定装置との比較による測定精度の検討を行った。簡易無響室内でスピーカからピンクノイズを発生し、これをiPod touch 3および4、iPhone 4S、iPad 2に「bs-spectrum」をインストールしたうえで測定した。前述の「SPL Meter」の場合と同様、iPod touch3のみ外部マイクロフォン、他は内蔵マイクロフォンである。これらの測定結果を、精密騒音計で受音してPCソフト「Cool Edit」でFFT分析(2048ポイント)した結果と比較した。比較結果の一例として、iPod touch 4との比較結果をFigure 2に示す。両者は大略よい一致を示し、用途から考えて十分と考えられるものの、iPod touchの測定結果は100Hz付近から低下しており、この部分の定量性には問題があることに注意を要する。これは内蔵マイクロフォンおよびプリアンプの特性とみられる。ここでは省略したが、こうした低域の低下傾向はiPhone、iPadではさらに著しく、200Hz付近から急激な低下を示す。したがって、低域での測定結果については注意が必要である。

2. スマートフォンの利用を想定した音環境導入教育の課題例

本節では、音環境に対する導入教育として想定されるサウンドマップ作成の演習課題を考え、実際に、iPhoneおよびiPod touchを利用し、前節に述べた「SPL Meter」および「bs-spectrum」を用いて実施した作例を挙げる。

2. 1 サウンドマップの例 1：騒音レベルのみ測定

音環境教育の導入で広く一般的に行われている、サウンドマップの作成であるが、多くの課程においては人数分の騒音計が用意できないため、聴感による聞き取りを行い、サウンドスケープ的な内容となっていることが多い。そこで、騒音レベルに対する定量的な感覚を体感させ、感覚で得られる違いを数値として実感することを目標とした課題として、騒音レベルを測定してマップにする課題を想定し、実際に行ってみた。

対象とした地区は、芦屋市平田町南部であり、比較的閑静な住宅街ではあるものの、すこし離れたところには交通量の大きい道路があり、また200mほど離れたところには、国道43号線、阪神高速神戸線、阪神高速湾岸線が通っている地区である。

この地区において、10点程度で騒音を測定した。使用した機器はiPod touch 4(マイクロホン内蔵)、アプリケーションは「SPL Meter」であり、A特性、Slow Peak(時定数Slowでピーク値を読み取り)を測定した。マップとして仕上げた例を、Figure 3に示す。幹線道路から同じ程度の距離であっても建物の影か否か、あるいは道路が見通せるか否かで騒音レベルが大きく変化する様子も見られており、これらの考察を通して騒音レベルの分布に及ぼすさまざまな要因を理解することができる。



Figure 3 An example of a sound map with the results of noise levels measured by a smartphone. (Hirata-cho, Ashiya-city).

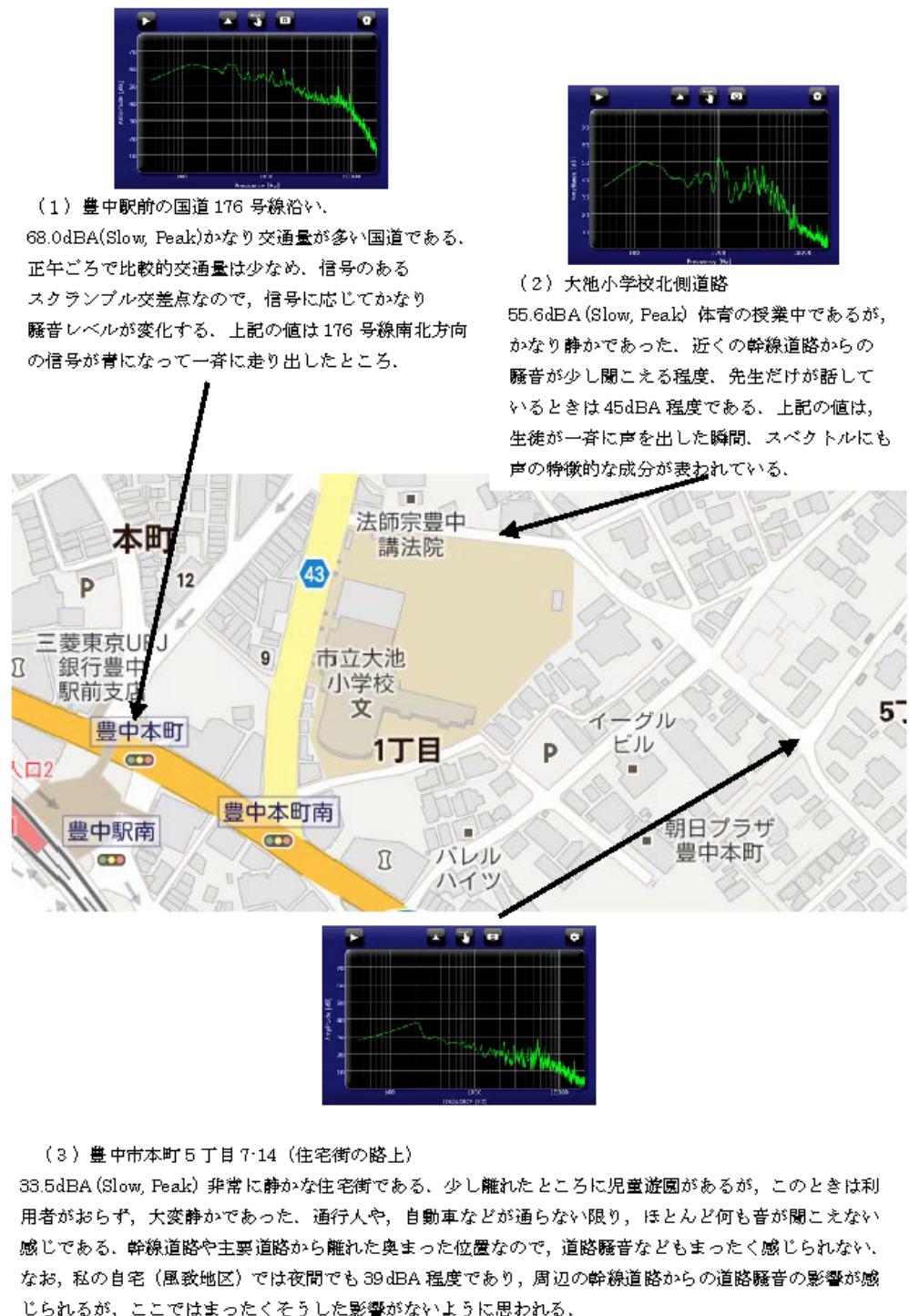


Figure 4 An example of a sound map with the results of noise levels and frequency spectra measured by a smartphone. (Honmachi, Toyonaka-city).

2.2 サウンドマップの例 2：周波数スペクトル測定

前節で示した騒音レベルのみを測定したサウンドマップは、もっとも単純な課題として、導入の初期段階では有意義ではないかと考えられる。これについて、さらに高

度な課題として、各地点での周波数スペクトルをあわせて測定し、その特徴と聞き取りによって把握した音源の種類や特徴を比較しつつ考察する課題を想定し、実際に行つた。

機器としては、iPod touch または iPhone (いずれもマイク

ロホン内蔵), 騒音レベルは「SPL Meter」, 周波数スペクトル分析は「bs-spectrum」で行った. スペクトル測定結果は, 「bs-spectrum」の時間窓(積分時間)を4秒に設定し, もっとも聴感上気になる音源の音がなっているときに停止ボタンを押して, その状態での測定結果のスクリーンショットを撮ったものである.

一般の市街地での騒音マップ例を, Figure 4 に示す. 豊中市内の特徴的なポイントで騒音レベルと周波数スペクトルの測定を行った結果である. 国道沿いでは相当な高いレベルで, スペクトルも自動車騒音の特徴を示している. 小学校では, 話声のスペクトルの特徴である線スペクトルが現れており, 校庭で実施されていた体育の授業の特徴が現れている. 一方, 幹線道路や学校などの音源からすこしはなれた住宅街では, 非常に低い騒音レベルを示している. これは, 前述の Figure 3 と比べても相当低く, この地域では生活騒音なども少なく, 非常に静かであることを示している.

3. 実施にあたっての問題点

以上, スマートフォンを利用した音環境導入教育について, 想定される課題を実際に行った試みを, 作例を示しながら述べてきた. 今回試験的に課題を実施した学生の感想としては, 「音の大きさと騒音レベルの関係が理解できる」「耳で聞いた音環境の印象と物理量との対応が理解できる」など, 効果が感じられるとのコメントが多く, 有効な手法として利用できる可能性がうかがわれた.

しかしながら, 一方ではさまざまな解決すべき問題がある. 以下に, 課題を実施した学生との意見交換から得られたコメントをあげ, 問題点を指摘しておく.

3.1 コストの問題

比較的安価(「SPL Meter」は85円, 「bs-spectrum」は350円)とはいえ, アプリケーションがiOSの場合は無料ではなく, Androidでも一部有料のアプリケーションがあるため, コストが生じる. (無料のものもあるが, 上述のように実用に供し難い.) このコストについては, 学生の中でも「教科書と同じと考えれば, 納得できる」という意見と, 「今後使うかどうかという点を考えると, 踏躇する」という意見や「教科書は買わないという選択肢もありうるが, 実習になると強制的に買わざるを得ない」という意見があり, これらについて学生が納得できるかどうかが問題であるといえる.

3.2 端末の普及度の問題

スマートフォンを使用する学生は増えてきているが, 全員が持っているわけではない. 前節で述べたような課題は, 個人課題として, 各自の興味に応じて実施できることが望ましい. その場合, スマートフォンを持っていない学生がいることを考慮すると, グループ課題とせざるを得ないことになる. すると, 前述のコストを負担する学生と, 負担しない学生が発生するなど, さまざまな派生的問題が生じる. 学生の意見としては, 「たとえば, 必要なアプリケーションを全てインストールした iPod

touch を相当数用意し, 各グループに貸し出すなどの形にしてはどうか」という意見があった.

3.3 さらに発展する場合の問題

さらに発展した課題へ続けていく場合, バンドレベル分析や, Leq 測定機能のあるアプリケーションなど, より高度な, そして高価なアプリケーションを使用することが必要になりうる. この場合は, やはりコスト面での問題となるであろう. 解決法としては, 前項のようにインストール済み端末を相当数用意して対応するといったことが考えられる.

3.4 必要な基礎知識の事前学習

演習や課題に取り組む前に, 一通り必要な基礎知識をしっかりと教えておく必要がある. 特に, 学生の意見としては「周波数スペクトルは, その意味や見方が簡単には理解できないのではないか」というものが多数あった.

おわりに

本稿では, 音環境導入教育への試みとしてスマートフォン(iPhone, Android のほか, iPod touch, iPad などの携帯情報端末を含む)を利用した, これらの端末のアプリケーションの紹介と, 検証, さらに課題を想定しての実施例, 作例を示した. スマートフォンによる騒音測定については, Apple(iOS)系の場合は, 定量的な精度も含めて導入教育としては十分に利用可能であろう. Androidの場合は, 個体差による測定誤差が大きく現れるなど, 定量性について問題となるため不適切な点もあるが, 相対的な値のみに着目する場合に限れば, おおむね導入教育の目的に利用できる可能性がある.

今後,さらにスマートフォンの普及率は上がることが予想されるが, 100%にならない限りは, 教育ツールとしての利用についてはある程度の配慮と, 適切な実施方法をクラスの実情に応じて綿密に検討する必要があると思われる. しかしながら, これらの携帯端末が, 今後教育の現場で利用できる価値のあるものであることは, 本稿においても示されたものと考えている. 今後は, さらに発展した課題についての検討をはじめ, 実際の授業への導入に当たっての検討を進めたいと考えている.

[謝辞] 実施例作成, 精度測定実験にご協力いただいた, 神戸大学・阪上研究室, 千葉工業大学・佐藤研究室, 九州大学・尾本研究室の学生諸氏にお礼申し上げる.

Literature Cited

- 1) 鳥越けい子:「サウンドスケープーその思想と実践」(鹿島出版会, 東京, 1997) など
- 2) <http://www.studiosixdigital.com/> (参照 2012-10-23)
- 3) <http://www.faberacoustical.com/> (参照 2012-10-23)
- 4) https://market.android.com/details?id=kr.sira.sound&feature=related_apps#t=W251bGwsMSwyLDEwOSwia3Iuc2lyYS5zb3VuZCJd など (参照 2012-10-23)
- 5) <http://www.bismark.jp/jp-bs-spectrum-iphone/index.html> (参照 2012-10-23)

A case study of introductory teaching method for environmental and architectural acoustics in universities using a smartphone: An examination of applications and an example of sound map

Kimihiro SAKAGAMI¹, Fumiaki SATOH² and Akira OMOTO²

¹*Graduate School of Engineering, Department of Architecture*

²*Department of Architecture, Chiba Institute of Technology*

³*Faculty of Design, Kyushu University*

Key words: Environmental/Architectural acoustics, Introductory course, Smartphone, Acoustical education

In an introductory course for environmental/architectural acoustics in universities, it is often used the teaching method based on soundscape, in which students are asked to make a sound map with listening their surrounding acoustic environment. However, if objective measurement of sound pressure level or frequency spectrum can be introduced in such a course, it will interest students in environmental acoustics, and enable them to discuss the acoustic environment more profoundly. Measurement apparatuses are usually expensive and difficult to be used in such a course. Therefore, we consider to use a smartphone: using a smartphone with acoustic measurement applications, it can be possible to introduce an objective measurement in such an introductory course for beginners. In this study, first some applications for acoustic measurement are examined to confirm their accuracy. Secondly, using suitable applications, as a possible work in the course, sound maps with measurement results by a smartphone are made and their examples are shown. Finally, some issues to introduce this method in actual courses are discussed.